

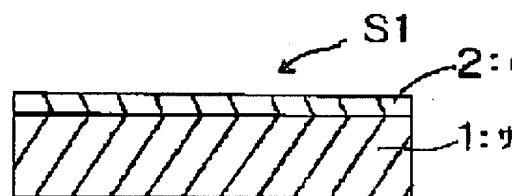
PIEZOELECTRIC SUBSTRATE AND SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE

Patent number: JP9208399
Publication date: 1997-08-12
Inventor: ISOKAMI MINEO
Applicant: KYOCERA CORP
Classification:
- **International:** C30B33/06; C30B29/30; H03H9/25
- **European:**
Application number: JP19960015472 19960131
Priority number(s):

Abstract of JP9208399

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a piezoelectric substrate capable of favorably keeping crystallinity of piezoelectric single crystal, readily controlling the thickness and having desired characteristics by joining a single crystal substrate to a piezoelectric single crystal plate having a material different from the substrate by a solid phase reaction.

SOLUTION: A sapphire substrate 1 which is a single crystal substrate having 2 inch diameter, 500 μ m thickness, about 60nm average line roughness and (01-12) orientation is laminated to LiNbO₃ single crystal plate which is a piezoelectric single crystal plate having same size as the substrate, about 100nm average line roughness and (10-10) orientation at an ambient temperature under 200g/cm² load by loading, e.g. weight to the plate and the substrate and then, the laminate is heat-treated at about 1,100 deg.C for 10hr to join the substrate to the plate. The surface of LiNbO₃ single crystal is ground until the thickness becomes about 10 μ m and the single crystal is planarized until average line roughness becomes about 5 μ m by CMP derive and LiNbO₃ is formed into thin film to provide the objective piezoelectric substrate S1. When the sapphire substrate 1 is joined to the LiNbO₃ single crystal plate, an electrode for vibrating surface acoustic wave is formed on the surface of piezoelectric single crystal plate to provide the objective surface acoustic wave derive.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-208399

(43) 公開日 平成9年(1997) 8月12日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 3 0 B 33/06			C 3 0 B 33/06	
29/30			29/30	A
H 0 3 H 9/25		7259-5 J	H 0 3 H 9/25	C

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平8-15472

(22) 出願日 平成8年(1996) 1月31日

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市山科区東野北井ノ上町5番地の22

(72) 発明者 磯上 峯男

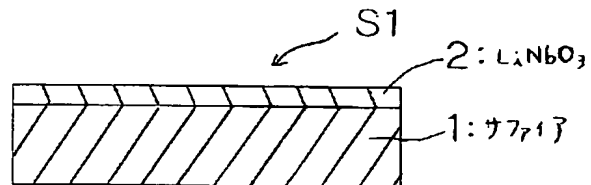
京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

(54) 【発明の名称】 圧電基体及び弾性表面波装置

(57) 【要約】

【課題】 圧電性単結晶の結晶性を良好に維持することが可能で、その厚みの制御も容易であり所望の特性が得られる圧電基体及びそれを利用した弾性表面波装置を提供すること。

【解決手段】 本発明の圧電基体は、単結晶基板1と単結晶基板1と異なる材質の圧電性単結晶板2とを固相反応により接合させて成る。また、本発明の弾性表面波装置は、圧電性単結晶板2の表面に弾性表面波を励振させる電極を形成したことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 単結晶基板と該単結晶基板と異なる材質の圧電性単結晶板とを固相反応によって接合せしめた圧電基体。

【請求項2】 単結晶基板と該単結晶基板と異なる材質の圧電性単結晶板とを固相反応によって接合せしめるとともに、該圧電性単結晶板の表面に弾性表面波を励振させるための電極を形成したことを特徴とする弾性表面波装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光導波路、波長変換素子、弾性表面波装置等の各種光・電子デバイスに用いられる圧電基体、及びその圧電基体を用いた弾性表面波装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より圧電性単結晶として水晶、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3)、タンタル酸リチウム (LiTaO_3) などが主に用いられている。そして、例えば弾性表面波装置に応用するために、育成した単結晶から種々のカット方位に切断・加工されて圧電基板が作製されている。

【0003】 このようにして得られた圧電基板は、再現性や信頼性が高いこと、表面伝搬損失が小さいことなど、他の材料にない優れた特長を有しているが、圧電デバイスに必要とされる電気機械結合係数 (k^2) が大きいこと、温度係数 ($\text{ppm}/^\circ\text{C}$) が小さいことの二つの特性を共に満足する単結晶はこれまで無かった。

【0004】 すなわち、水晶は温度係数が小さく、特にSTカットのものでは零温度係数を有するものの、電気機械結合係数が小さいといった欠点がある。一方、 LiNbO_3 は電気機械結合係数が極めて大きいものの、温度係数が大きいという欠点がある。また、 LiTaO_3 は電気機械結合係数及び温度係数が水晶と LiNbO_3 の中間的な値を有するのである。そして、このような各単結晶の欠点は本質的な属性のために、これを改善することは容易ではなかった。

【0005】 他方、バルク単結晶を用いずに、非圧電性基板上に圧電膜を設けた圧電薄膜材料の場合は、その膜厚や電極構造の工夫等により、電気機械結合係数の値や表面波伝搬特性を比較的容易にコントロールすることが可能であるが、特殊な成膜装置が必要である上、良質の膜を量産性良く作製することが困難であり、信頼性や安定性に問題を残している。このため、現在までのところ、最も確立した圧電薄膜材料は酸化亜鉛 (ZnO) のみである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、最近ではセルラー電話やPHSといった移動体通信機器の発展に伴い、これらに使用される弾性表面波装置も小型化、高周

波化、高性能化が要求されており、上述した既存の材料だけでは対応できないため、新たな圧電材料の開発が望まれている。

【0007】 そして、上述したように単一材料では対応が困難なため、複合材料的な観点から薄膜/基板材料の組み合わせによる材料開発が盛んに行われている。例えば、サファイア基板上に LiNbO_3 、や LiTaO_3 の薄膜をスパッタ法、ゾルーゲル法、レーザーアブレーション法などによって成膜させ、圧電基板の高速化により弾性表面波フィルタの高周波化を図ろうとする試みがある (特開平4-170396号公報、特開平5-897号公報、特開平5-319993号公報、特開平6-56592号公報等を参照)。

【0008】 しかしながら、これらの成膜法の場合、形成される薄膜はほとんどが多結晶質であり、品質上も欠陥が多いこと、また充分な膜厚を得るためには、かなりの時間を要すること、さらに再現性の点で問題があるなど実用上使用に耐えないものが多いのが実状である。

【0009】 そこで、本発明では上記諸問題に鑑みなされたものであり、圧電性単結晶の結晶性を良好に維持することが可能で、その厚みの制御も容易であり所望の特性が得られる圧電基体及びそれを利用した弾性表面波装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明の圧電基体は単結晶基板と該単結晶基板と異なる材質の圧電性単結晶板とを固相反応により接合させて成る。また、圧電性単結晶板 (表面研磨等の加工を施したもの、加工によって薄膜化したものを含む) の表面に弾性表面波を励振させる電極を形成したことを特徴とする弾性表面波装置としても好適なものが得られる。

【0011】 さらに、単結晶基板の圧電性単結晶板を接合させる表面の平坦度を平均線粗さで $\lambda/10$ (λ : 光の波長) 以下としたことを特徴としてもよい。また、圧電性単結晶板の厚みを制御する工程において、超精密無歪み加工除去方法を利用するようにしてもよい。

【0012】 さらにまた、圧電性単結晶板の厚みを $100\mu\text{m} \sim 0.1\mu\text{m}$ の範囲で制御するようにしてもよい。

【0013】 ここで、固相反応とは、融解が生じないような比較的低温で固体どうしを反応せしめるものをいうものとする。

【0014】

【発明の実施の形態】 本発明の圧電基体は、基板となる非圧電性単結晶や圧電性単結晶の単結晶基板上へ所望の圧電性単結晶板を積層する工程において、従来のように圧電性単結晶薄膜を気相や液相状態から基板の単結晶上で結晶成長せしめることにより成膜し、積層するのではなく、固相反応を利用する工程、すなわち、例えば超精密研磨加工により接合面を光学研磨仕上げを施した後、単結晶基板と圧電性単結晶板とを貼り合わせ高温下

で接合せしめるものである。そして、積層した圧電性単結晶板に対して無歪み超精密平坦化加工を行い、薄膜化することで、積層型の高品質な単結晶の圧電基体を得ることができる。

【0015】本発明によれば、単結晶基板に圧電性単結晶板をバルク状態で固相反応を利用して接合するので、互いの接合面はその平坦度が平均線粗さで $\lambda/10$ 以下とするような超精密研磨加工を施しているため、完全に近いオプティカル・コンタクトが実現される。

【0016】したがって、これを加熱処理を行うことで理想的な接合が得られる。また、接合する圧電性単結晶の熱膨張率や格子サイズを接合面の欠陥密度を最小限に抑制でき、これにより高品質な積層が可能となる。さらに、接合後、所定の厚さまで圧電性単結晶の薄膜化を行うが、この場合、約 $10\mu\text{m}$ までは高精度平面研削、その後約 $3\mu\text{m}$ まではCMP (Chemical Mechanical Polishing) によりマイクロ平坦化を行い、さらに薄膜化が必要な場合は、PACE (Plasma Assisted Chemical Polishing) によるサブミクロン平坦化を行うことで、極めて加工変質層の少ない薄膜加工が可能となるため、パーズン結晶の結晶品質がほとんど損なわれることなく、高品質な圧電膜が得られる。

【0017】そして、このような圧電基体に弾性表面波を励振させる電極を形成した弾性表面波装置によれば、従来の弾性表面波装置より温度係数、伝搬速度、電気機械結合係数などの特性の優れたものを得ることができる。

【0018】

【実施例】以下に本発明に係る具体的な実施例について説明する。

【実施例1】図1に示すように、直径2インチ、厚み $500\mu\text{m}$ 、平均線粗さが約 60nm で面方位が(01-12)の単結晶基板であるサファイア基板1と、同一サイズ、平均線粗さが約 100nm で面方位が(10-10)の圧電性単結晶板であるLiNbO₃、単結晶基板を用意した。なおここで、面方位における-1とは1の反転を示すものとする。これを室温下、重しを載せるなどして荷重 200q/cm^2 の下で貼り合わせ、しかる後に約 1100°C で10時間の熱処理を施し接合させた。

【0019】その後、LiNbO₃、単結晶の表面を高精度平面研削盤で厚さが約 $10\mu\text{m}$ になるまで研削した。そして、さらにCMP装置を用いて平均線粗さが約 $5\mu\text{m}$ になるまで平坦化し、LiNbO₃の薄膜化を行って圧電基体S1を完成させた。

【0020】得られたLiNbO₃、薄膜2の結晶性を調べるために、X線ロックングカーブを測定した結果、この膜はバルクのLiNbO₃、単結晶ウエハと同じ 7arc sec であり、結晶性も良好であった。

【0021】これに対して、同方位のサファイア基板上に、スパッタ法によりLiNbO₃、薄膜を厚さ約 $2\mu\text{m}$

になるまでエピタキシャル成長をさせ、同一基板上に(01-12)と(10-10)の2つの面方位のLiNbO₃、膜が生じ、X線ロックングカーブの値もそれぞれ 67.0arc min と 48.4arc min と大きく、膜質も良くないものであった。

【0022】【実施例2】実施例1において、LiNbO₃、基板に代えて(01-12) LiTaO₃、基板を用意し積層化したものでは、不活性ガス雰囲気下、熱処理温度を 1450°C とし、他の条件は同様とした。

【0023】得られたLiNbO₃、薄膜のX線ロックングカーブの測定結果は 25arc sec であり、結晶性も良好であった。これに対して、レーザーアブレーション法によって作製したLiTaO₃、薄膜は(01-12)に配向した多結晶体であり、その値は 105arc min と非常に大きく膜質も良くなかった。

【0024】【実施例3】図2に示すように、1インチサイズで厚み約 $400\mu\text{m}$ 、平均線粗さが 50nm のYカット水晶基板と(10-10)のLiNbO₃、単結晶基板3を用意した。これらを室温下、 100q/cm^2 の荷重下で貼り合わせた後、真空度 10^{-5}Torr の条件下、 1000°C で8時間の熱処理を行い接合した。しかる後に、水晶基板4を実施例1と同様な薄膜化を行い、最終的に厚み約 $3\mu\text{m}$ として圧電基体S2を完成させた。

【0025】さらに、圧電基体S2における水晶薄膜4の表面に、弾性表面波を励振させるすだれ状電極を設けて弾性表面波装置を作製した。そして、その圧電特性の評価を行ったところ、Yカットの水晶基板が伝搬速度 3160m/sec 、電気機械結合係数(k^2)が 0.22% 、温度係数 $-24\text{ppm}/^\circ\text{C}$ であったのに対して、本積層型単結晶の圧電基体では温度係数はほとんど変わらず、伝搬速度が 3430m/sec で電気機械結合係数が 1.3% と特性の向上が見られた。

【0026】【実施例4】図3に示すように、 10mm サイズで厚み約 $450\mu\text{m}$ 、平均線粗さが 10nm のSTカットの水晶基板5と 128° 回転YカットのLiNbO₃、単結晶基板を用意した。これを室温下で貼り合わせた後、実施例3と同様にLiNbO₃、単結晶基板の薄膜化を行い、最終的にはPACE装置にて $0.5\mu\text{m}$ まで超薄膜化を行った。

【0027】このようにして得られた圧電基体S3のLiNbO₃、薄膜6の表面に、弾性表面波を励振させる通常のすだれ状電極を形成し弾性表面波装置を作製した。そして、その圧電特性の評価を行ったところ、伝搬速度と電気機械結合係数とはそれぞれ 3900m/sec 、 5.4% と 128° 回転YカットLiNbO₃、単結晶とはほぼ同一であったものの、その温度係数は従来の $-74\text{ppm}/^\circ\text{C}$ から $-5\text{ppm}/^\circ\text{C}$ と大幅な改善が見られた。

【0028】【実施例5】約 8mm サイズの八面体天然産ダイヤモンドから厚み約 1mm の(111)ウエハを切り出し、研磨加工を施し、平均線粗さ約 5nm とし、これに厚

み380 μm 、平均線粗さ8 nmのXカットLiTaO₃単結晶を室温下で貼り合わせた後、真空度 10^{-7} Torrの条件下、1500°Cで4時間熱処理を施し、完全に一体化した。その後、既に述べたような薄膜化プロセス工程により、LiTaO₃の薄膜を約10 μm とした。このようにして作製した積層型単結晶の圧電基板を用い、櫛形電極をパターンニングし圧電デバイス特性の評価を行ったところ、伝搬速度が通常のLiTaO₃単結晶の約3倍の10,000m/secの値が得られた。

【0029】なお、上述の実施例では主として酸化物単結晶どうしの積層化の例を示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば窒化物、炭化物、ホウ化物、半導体結晶など非酸化物系単結晶においても同様に適用が可能である。すなわち、上基板/下基板の組み合わせとして、窒化アルミニウム(AlN)/サファイア、窒化ガリウム(GaN)/炭化珪素(SiC)、炭化珪素(SiC)/シリコン(Si)、ガリウム砒素(GaAs)/シリコン(Si)、窒化ほう素(BN)/炭素(C)等でもよい。

【0030】また、本発明の圧電基体を適用させるデバイスとして弾性表面波装置だけでなく、光導波路や波長変換素子等の各種光・電子デバイスに好適に用いることが可能である。

【0031】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の圧電基体によれば、固相反応により単結晶基板と圧電性単結晶板とをバルク状態で完全に接合し一体化できるので、圧電性単結晶板を薄膜化してもバルク単結晶が本来有してい

*る特性が損なわれることがない。

【0032】また、圧電性単結晶板の薄膜化をバルクからの研削およびポリッシングで行うプロセスを経るため、薄膜化に要する時間が短時間で済み且つ膜厚が自由に制御できることなどの利点を有する。

【0033】さらに、材料の組み合わせにおいて、基板単結晶板と積層する圧電性単結晶板の双方のウエハ方位を接合時のミスマッチができる限り小さくなるように自由に選定できるため、接合面の欠陥の少ない高品質かつ高機能性に富む圧電基体を比較的安価に提供することができる。

【0034】さらにまた、このような圧電基体を弾性表面波装置、光導波路、波長変換素子等の各種光・電子デバイスの基板として用いることにより、従来のデバイスより特性の非常に優れたものを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る一実施例を説明する断面図。

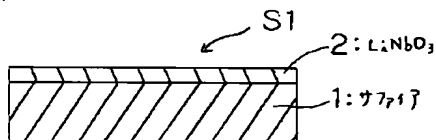
【図2】本発明に係る他の実施例を説明する断面図。

【図3】本発明に係る他の実施例を説明する断面図。

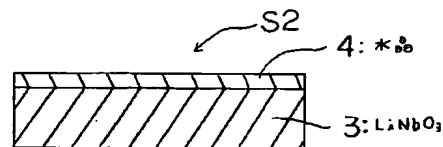
【符号の説明】

- 1 . . . サファイア基板
- 2 . . . LiNbO₃ 薄膜
- 3 . . . LiNbO₃ 基板
- 4 . . . 水晶薄膜
- 5 . . . 水晶基板
- 6 . . . LiNbO₃ 薄膜
- S1, S2, S3 . . . 圧電基体

【図1】



【図2】



【図3】

